



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona



Fundació
Miquel Agustí

Estudi de l'efecte del reg i la fertilització sobre caràcters agro-morfològics en el cultiu de calçots

Treball final de grau
Enginyeria de Sistemes Biològics

Autor: Miquel Rallo Arnau

Tutor: Dr. Joan Simó Cruanyes

Supervisora: Sílvia Sans Molins

Juliol 2018

AGRAÏMENTS

En primer lloc, donar les gràcies a tots els integrants de la Fundació Miquel Agustí per tota l'ajuda i el suport. En particular m'agradaria agrair a la meva supervisora, Sílvia Sans, per tota la paciència, ajuda, dedicació i els coneixements que m'ha brindat durant el procés de realització del projecte. Agrair al meu tutor, Joan Simó, també pels coneixements i la seva ajuda.

Voldria donar un especial agraïment a tres persones, Helena Isern, Gerard Pidemunt i Gianna Molina, que han estat un suport clau en tot moment.

Vull agrair personalment a la Núria Mata i a la Mònica Montaña per estar al meu costat des de l'inici de la carrera fins al final d'aquest treball.

Finalment, però no menys important, vull agrair a la meva família, als meus pares i les meves germanes, la paciència i el suport que m'han donat durant tot aquest temps, i també als meus amics per estar al meu costat en tot moment.

RESUM

Els calçots són les tiges florals immadures de la ceba (*Allium cepa* L.) que apareixen durant el segon any del cicle vegetatiu. Es tracta d'un cultiu típic de Catalunya, on hi té un paper econòmic important. Fins al moment, s'havien realitzat pocs estudis relacionats amb el cultiu de calçot, però recentment, ha estat objecte d'estudi per la Fundació Miquel Agustí per tractar de millorar la producció del cultiu mantenint les característiques sensorials. Els resultats han comportat la creació de dues varietats sintètiques amb un increment del rendiment. Tot i la recerca que s'ha realitzat, encara queda molt recorregut tant en millora genètica com en ambiental. L'objectiu d'aquest estudi és determinar els efectes de la dosi de reg i fertilització sobre els caràcters agro-morfològics del cultiu de calçot fora sòl. S'ha realitzat un experiment amb 2 varietats de ceba, Montferri i "albion F1" (control); 2 règims hídrics amb uns cabals de sortida de 2 i 4 l/h durant 3 minuts cada dos dies; i 3 dosis de fertilitzant (Hakaphos verde), 15 g/planta, 7,5 g/planta, i una dosi només d'aigua (control). L'experiment s'ha realitzat en hivernacle per mantenir controlades les condicions ambientals. Paral·lelament, s'han plantat les dues varietats de ceba a l'exterior com a grup control. Durant el període del cultiu s'ha fet un seguiment de la producció de calçots. Al final del cultiu s'han estudiat els caràcters del pes de la planta, el pes dels calçots, el nombre de calçots per planta, la longitud, el diàmetre i la fermesa dels calçots, i el color de les fulles. També s'han analitzat les característiques inicials i finals del sòl. Els resultats mostren que el nombre de calçots per planta ve determinat per l'efecte genètic. En canvi, el desenvolupament fins a mida comercial es veu afectat pels dos efectes ambientals. Els tractaments amb fertilització no presenten efectes pels caràcters relacionats amb el rendiment comercial, però sí que promou el creixement de la planta, ja que la part aèria es desenvolupa millor en la dosi elevada de fertilitzant. També afecta al color de les fulles proporcionant tonalitats més verdoses. D'altra banda, la dosi alta de reg facilita el creixement dels calçots comercials. Promou el creixement de les plantes i la longitud de la part blanca, el diàmetre i la fermesa dels calçots. També afavoreix tonalitats més verdes a les fulles. La dosi de fertilitzant més alta supera les necessitats de la planta, la dosi mitja ja abasteix aquestes necessitats.

Paraules clau: *Allium cepa* L., calçot, ceba, fertilitzant, reg, caràcters agronòmics

RESUMEN

Los “calçots” son los tallos florales inmaduras de la cebolla (*Allium cepa* L.) que aparecen durante el segundo año del ciclo vegetativo. Se trata de un cultivo típico de Cataluña, donde tiene un papel económico importante. Hasta el momento, se habían realizado pocos estudios relacionados con el cultivo de “calçot”, pero recientemente, ha sido objeto de estudio por la “Fundación Miquel Agustí” para tratar de mejorar la producción del cultivo manteniendo las características sensoriales. Los resultados han supuesto la creación de dos variedades sintéticas con un incremento del rendimiento. A pesar de la investigación que se ha realizado, todavía queda mucho recorrido tanto en mejora genética como en ambiental. El objetivo de este estudio es determinar los efectos de la dosis de riego y fertilización sobre los caracteres agro-morfológicos del cultivo de “calçot” fuera suelo. Se ha realizado un experimento con 2 variedades de cebolla, “Montferri” y “albion F1” (control); 2 regímenes hídricos con unos caudales de salida de 2 y 4 l/h durante 3 minutos cada dos días; y 3 dosis de fertilizante (Hakaphos verde), 15 g/planta, 7,5 g/planta, y una dosis sólo de agua (control). El experimento se ha realizado en invernadero para mantener controladas las condiciones ambientales. Paralelamente, se han plantado las dos variedades de cebolla en el exterior como grupo control. Durante el periodo del cultivo se ha hecho un seguimiento de la producción de “calçots”. Al final del cultivo se han estudiado los caracteres del peso de la planta, el peso de los “calçots”, el número de “calçots” por planta, la longitud, el diámetro y la firmeza de los “calçots”, y el color de las hojas. También se han analizado las características iniciales y finales del suelo. Los resultados muestran que el número de “calçots” por planta viene determinado por el efecto genético. En cambio, el desarrollo hasta tamaño comercial se ve afectado por los dos efectos ambientales. Los tratamientos con fertilización no presentan efectos por los caracteres relacionados con el rendimiento comercial, pero sí que promueve el crecimiento de la planta, ya que la parte aérea se desarrolla mejor en la dosis elevada de fertilizante. También afecta al color de las hojas proporcionando tonalidades más verdosas. Por otra parte, la dosis alta de riego facilita el crecimiento de los “calçots” comerciales. Promueve el crecimiento de las plantas y la longitud de la parte blanca, el diámetro y la firmeza de los “calçots”. También favorece tonalidades más verdes en las hojas. La dosis de fertilizante más alta supera las necesidades de la planta, la dosis media ya abastece estas necesidades.

Palabras clave: *Allium cepa* L., calçot, cebolla, fertilizante, riego, caracteres agronómicos

ABSTRACT

“Calçots” are the immature floral stems of onion (*Allium cepa* L.) that appear during the second year of the vegetative cycle. It is a typical crop of Catalonia, where it has an important economic role. So far, there have been few studies related to the cultivation of “calçot”, but recently, it has been the object of study by “Fundación Miquel Agustí” to try to improve crop production while maintaining sensory characteristics. The results have involved the creation of two synthetic varieties with an increase in yield. Despite the research that has been done, there is still a lot of progress in both genetic and environmental improvement. The objective of this study is to determine the effects of irrigation and fertilization on the agro-morphological characters of “calçot” culture outside the soil. An experiment was carried out with 2 varieties of onion, “Montferri” and “albion F1” (control); 2 water regimes with flow rates of 2 and 4 l/h for 3 minutes every two days; and 3 doses of fertilizer (Hakaphos green), 15 g/plant, 7,5 g/plant, and a single dose of water (control). The experiment has been carried out in a greenhouse to keep environmental conditions under control. In parallel, the two varieties of onion have been planted abroad as a control group. During the period of the crop, the production of “calçots” has been monitored. At the end of the crop the characters of the weight of the plant, the weight of “calçots”, the number of “calçots” per plant, the length, the diameter and the firmness of “calçots”, and the color of leaves were measured. The initial and final characteristics of the soil have also been analyzed. The results show that the number of “calçots” per plant is determined by the genetic effect. In contrast, development to commercial size is affected by the two environmental effects. The treatments with fertilization do not have effects for the characters related to the commercial yield, but it promotes the growth of the plant, since the aerial part develops better in the high dose of fertilizer. It also affects the color of the leaves providing more greenish tones. On the other hand, the high dose of irrigation facilitates the growth of commercial “calçots”. It promotes the growth of the plants and the length of the white part, the diameter and the firmness of “calçots”. It also favours more green tones on the leaves. The highest dose of fertilizer exceeds the needs of the plant, the average dose already supplies these needs.

Key words: *Allium cepa* L., calçot, onion, fertilizer, irrigation, agronomic characters

Índex

Índex de Figures	7
Índex de Taules	8
1. Introducció	9
1.1 Els calçots	9
1.2 Cicle del cultiu	9
1.3 Importància econòmica	11
1.4 Efectes del reg i la fertilització	13
1.4.1 Fertilització	13
1.4.2 Reg	15
1.5 Antecedents	18
2. Objectius	19
3. Materials i Mètodes	20
3.1 Material vegetal	20
3.2 Disseny experimental	20
3.1 Caràcters avaluats	26
3.1.1 Caràcters per planta	26
3.1.2 Caràcters per calçot	27
3.1.3 Caràcters del sòl	28
3.2 Anàlisi Estadístic	29
4. Resultats i discussió	30
4.1 Caràcters agronòmics de la planta	30
4.2 Caràcters morfològics del calçot	36
4.3 Caràcters del sòl	42
5. Conclusions	44
6. Bibliografia	45

Índex de Figures

Figura 1 Descripció gràfica del cicle del cultiu del calçot (Simó, 2013).....	10
Figura 2 Producció de calçot (columnes blaves) i preu mitjà per temporada (línia taronja) per temporada del cultiu, d'octubre a maig, les campanyes de 2005-2006 a 2016-2017.	12
Figura 3 Hivernacle de vidre, Agròpolis	20
Figura 4 Fotografies dels contenidors numerats i distribuïts per blocs.....	21
Figura 5 Il·lustracions del sac amb substrat universal	22
Figura 6 Fotografies de les cebes plantes en els contenidors de l'hivernacle (esquerra), i de les cebes plantades al camp (dreta)	24
Figura 7 Fotografies de les plantes calçades. A l'esquerra es poden observar dues files de contenidors, la primers sense calçar i la segona calçada. A la dreta hi ha les plantes calçades al camp.....	24
Figura 8 Disseny en planta de la distribució espacial de les varietat genètiques i les diferents dosis de reg i fertilitzant a l'hivernacle	25
Figura 9 Mostra de la pesa de la part radicular	26
Figura 10 Durofel-AGROSTA®100 (Agro-Technologie) (Isern Viana, 2017).	27
Figura 11 Imatge representativa del colorímetre usat per la mesura del color	28
Figura 12 Exemple dels resultats presentats en l'informe del substrat amb tractament F0 i R1 en l'estat final del cultiu	29
Figura 13 Evolució del nombre de calçots segons cada paràmetre. Resultats extrets de la Taula 5 i de les mitjanes exteriors.	33
Figura 14 Fotografia de les plantes amb tractaments amb fertilització	40
Figura 15 Fotografia de les plantes amb tractaments sense fertilització	40

Índex de Taules

Taula 1 Característiques físico-químiques del substrat universal	22
Taula 2 Representació de la nomenclatura assignada a cada paràmetre	23
Taula 3 Resultats del test ANOVA sobre els efectes significatius dels caràcters de la planta en l'hivernacle.....	31
Taula 4 Resultats de les separacions de mitjanes per caràcters agronòmics segons els diferents factors controlats (genotip, reg i fertilitzant) de l'hivernacle. Els diferents codis de la columna Factors indiquen varietat Montferri (X), varietat “albion F1” (H), cabal de sortida de 2 l/h (R1), cabal de sortida de 4 l/h (R2), dosi sense fertilitzant (F0), dosi amb 7,5 g fertilitzant/planta (F1), dosi amb 15 g fertilitzant/planta (F2).	32
Taula 5 Resultats de separació de mitjanes de cada caràcter per tractaments. Els diferents codis de la columna Factors indiquen varietat Montferri (X), varietat “albion F1” (H), cabal de sortida de 2 l/h (R1), cabal de sortida de 4 l/h (R2), dosi sense fertilitzant (F0), dosi amb 7,5 g fertilitzant/planta (F1), dosi amb 15 g fertilitzant/planta (F2).....	35
Taula 6 Resultats del test ANOVA sobre els efectes significatius dels caràcters dels calçots de l'hivernacle.....	37
Taula 7 Separació de mitjanes dels caràcters de calçot segons els diferents factors controlats (genotip, reg i fertilitzant) de l'hivernacle. Els diferents codis de la columna Factors indiquen varietat Montferri (X), varietat “albion F1” (H), cabal de sortida de 2 l/h (R1), cabal de sortida de 4 l/h (R2), dosi sense fertilitzant (F0), dosi amb 7,5 g fertilitzant/planta (F1), dosi amb 15 g fertilitzant/planta (F2).....	38
Taula 8 Separació de mitjanes dels caràcters del calçot per tractaments. Els diferents codis de la columna Factors indiquen varietat Montferri (X), varietat “albion F1” (H), cabal de sortida de 2 l/h (R1), cabal de sortida de 4 l/h (R2), dosi sense fertilitzant (F0), dosi amb 7,5 g fertilitzant/planta (F1), dosi amb 15 g fertilitzant/planta (F2).....	41
Taula 9 Resultats de l'anàlisi del sòl del substrat universal a l'inici i al final del sòl del camp de cada un dels diferents tractaments	43

1. Introducció

1.1 Els calçots

Els calçots són les tiges florals immadures de la ceba (*Allium cepa* L.) que apareixen durant el segon any del cicle vegetatiu. Totes les varietats de ceba són capaces de produir rebrots però la més utilitzada pels agricultors de calçot és la Ceba Blanca Tardana de Lleida (CBTL). Es tracta d'una varietat tradicional de desenvolupament tardà, amb la pell externa i la polpa de color blanc, d'elevada dolçor i que pot desenvolupar entre 1 i 25 rebrots per ceba.

La ceba és un dels cultius hortícoles més antics. S'ha cultivat durant 5000 anys o més i actualment no existeix com a espècie silvestre. *A. Oschaninii* i *A. Vavilovii* són les espècies silvestres més properes en el subgènere *Rhizirideum*, secció Ceba (Hanelt, 1990). Es pensa que es van domesticar per primera vegada a les regions muntanyoses de Turkmenistan, Uzbekistan, Tadjikistan i al nord d'Iran, Afganistan i Pakistan (Brewster, 2001).

En comparació amb la ceba, l'aparició del calçot és un descobriment més contemporani i localitzat. S'origina a finals del s. XIX a la regió de Tarragona i, actualment, ja s'ha estès per tot Catalunya i altres indrets d'Espanya. Tradicionalment, aquest aliment es consumeix durant les calçotades, unes festivitats realitzades a l'aire lliure i a prop d'un foc on coure els calçots, acompanyats de salsa romesco o salvitxada (Casañas et al., 2015).

1.2 Cicle del cultiu

El cultiu de calçot és biennal (Figura 1) i consta de dues fases ben diferenciades (Maroto i Baixauli, 2016).

La primera fase és igual al cultiu de ceba seca. Entre finals de novembre i el mes de desembre, es sembra la llavor en safates a l'hivernacle, en condicions d'humitat constant i una temperatura al voltant de 20°C. Entre febrer i març, la plàntula es traspassa al camp on desenvolupa fulles i el bulb. A finals de juliol, el bulb ja està completament format. Quan les cebes han perdut les fulles, es recol·lecten i s'emmagatzemen, en caixes o sacs, en un lloc sec i fresc.

A finals d'estiu, comença la segona fase. Es planten les cebes en un camp destinat al cultiu de calçots. El marc de plantació habitual per la producció de calçots és de 75 cm entre solcs i 30 cm entre plantes.

Les cebes comencen a rebrotar a principis de tardor. A mesura que aquets rebrots van creixent, es cobreix de terra la part inferior per evitar la formació de clorofil·la. D'aquesta manera, aquesta part queda de color blanc i adquireix el sabor i la textura característics d'aquest producte. L'acció d'enterrar la part inferior de les fulles, s'anomena calçar, i és d'aquí d'on sorgeix l'origen del nom dels calçots (Casañas et al., 2015).

Durant els mesos de novembre fins a l'abril els calçots aconseguixen una altura i gruix determinats aptes per la seva recol·lecció. Per evitar pèrdues considerables en la collita, és important que els calçots d'una sola planta madurin al mateix temps, ja que la forma de collir-los és manual i es basa en arrencar aquelles plantes que presenten més de la meitat de calçots de mida comercial. La manera de comercialitzar-los és agrupats en feixos de 25 o 50 unitats lligats amb un cordill i sense la part superior de les fulles (Simó, 2013).

El cicle es tanca quan finalitza la temporada de calçot i la planta inicia l'etapa d'inflorescència, marcada per l'elongació de la tija. En aquest moment, la part inferior que distingeix al calçot es torna més fibrosa i perd qualitat sensorial. Per tal d'obtenir la llavor, s'espera que madurin les flors i, cap al mes de juny, ja és apta la seva recol·lecció (Sans, 2015).

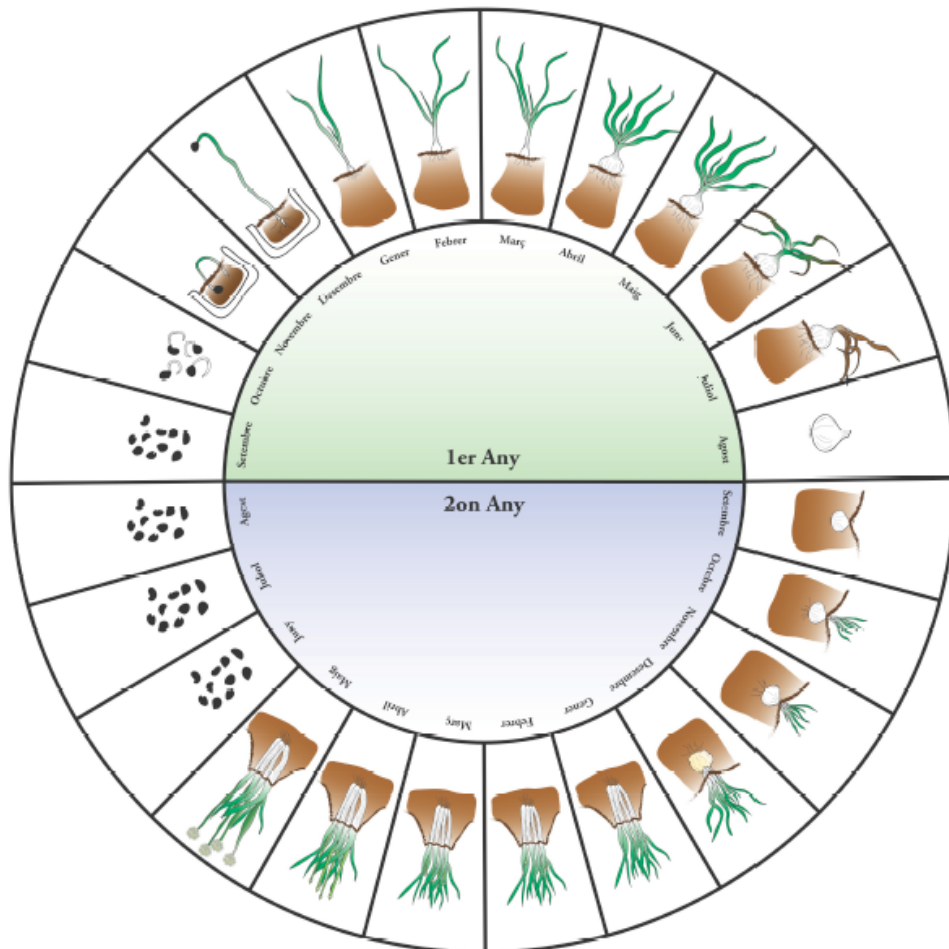


Figura 1 Descripció gràfica del cicle del cultiu del calçot (Simó, 2013).

1.3 Importància econòmica

Tant en termes d'economia mundial, com a nivell espanyol, la ceba és un dels cultius hortícoles més rellevants després del tomàquet (Faostat, 2018). En el cas del calçot, actualment no existeix un registre enfocat en la seva producció, ja que aquest producte es troba englobat dins la categoria de ceba.

Al no tenir un registre amb dades oficials per comptabilitzar la seva producció, es pot realitzar una estimació utilitzant la informació obtinguda pel Mercat Central de Fruites i Hortalisses (MCFH) que enregistra Mercabarna.

Segons les dades que ens ofereix aquest registre, a la campanya 2016-2017 es va comercialitzar 14,4 milions de calçots. Tenint en compte que aquest nombre representa al voltant d'una quarta part del volum total de calçots a Catalunya (Simó, 2013), es pot considerar que la producció total del darrer any a Catalunya és de 57,6 milions de calçots. Dels calçots comercialitzats enregistrats a Mercabarna, un 98% ha estat produït en territori català. Dins de Catalunya, la província amb major producció és Tarragona amb un 67,8%, seguit de Barcelona amb un 29,2% i Lleida amb un 1,5%. Comparant l'última campanya amb la temporada anterior es pot determinar un augment en demanda i producció passant d' 11,4 milions de la temporada 2015-2016 als 14,3 milions de la temporada 2016-2017. Tot i així, la producció de calçot no té un creixement lineal. Si es pren constància de les dades obtingudes en l'última dècada es poden observar fluctuacions de creixement i decreixement al llarg del temps. A la Figura 2 es pot observar que, tot i que no es queda molt lluny, la campanya 2016-2017 no és la temporada més alta, 2010-2011 va tenir la major producció de calçot arribant als 15,8 milions. Cal remarcar que les dades comparades, són en tot moment, estimacions basades en el registre de calçots comercials de Mercabarna.

El preu per unitat al productor també ha anat variant al llarg del temps, sent 0,10 euros per unitat la mitjana, 0,07 euros el mínim per unitat durant 2010-2011 i 0,14 euros per unitat entre 2008-2009. L'últim registre, temporada 2016-2017, estableix el preu per unitat a 0,09 euros (Mercabarna, 2018).

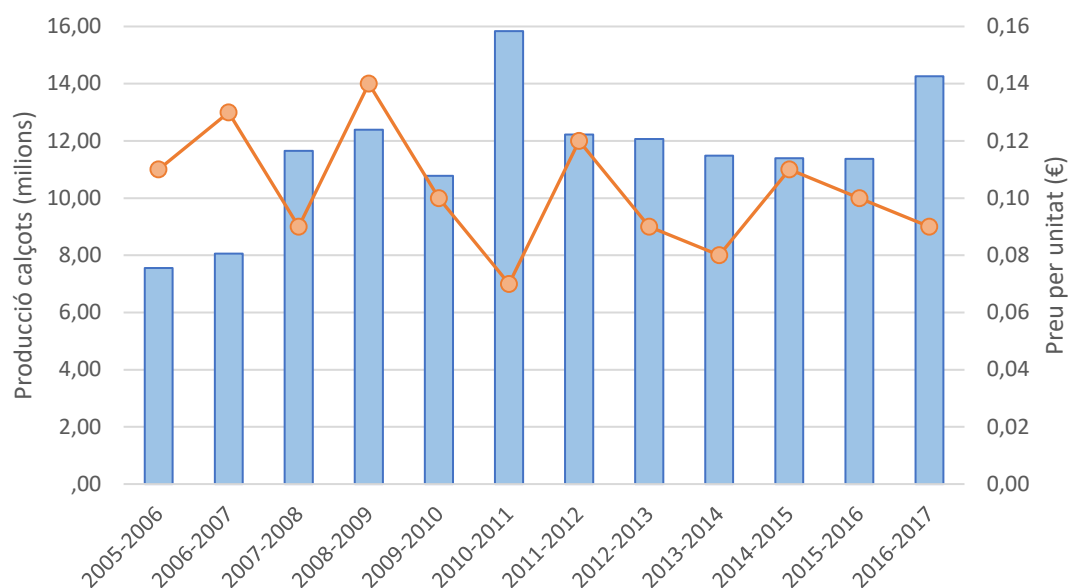


Figura 2 Producció de calçot (columnes blaves) i preu mitjà per temporada (línia taronja) per temporada del cultiu, d'octubre a maig, les campanyes de 2005-2006 a 2016-2017.

L'aparició d'una Identificació Geogràfica Protegida (IGP) del calçot ha aportat a les comarques que representa, un augment de l'activitat turística i comercial. La demanda de molts pagesos del Camp de Tarragona, per aconseguir un reconeixement adequat a la qualitat del producte que conreen, va originar aquest segell de qualitat, la IGP "Calçot de Valls", vigent des del 2001 (Casañas et al., 2015). Entre les característiques que defineixen aquest producte es demana que els calçots han d'estar sencers, sans, sense humitats exteriors anormals, sense olors ni gustos estranys i nets però no rentats. Només poden ser produïts a les 4 comarques del Tarragonès, Alt Camp, Baix Camp i Baix Penedès. Les varietats acceptades es redueixen al tipus varietal CBTL. Els calçots produïts han de tenir una part blanca de entre 15 i 25 cm de llarg i 1,7 i 2,5 cm de diàmetre a 5 cm de l'arrel. També han de presentar les propietats organolèptiques indicades per la IGP. Es comercialitzen en feixos de 25 o 50 unitats, lligats amb un fil blau i etiquetats.

1.4 Efectes del reg i la fertilització

1.4.1 Fertilització

La fertilització o adobat és una pràctica utilitzada en cultius per obtenir una millora tant en rendiment com en producció, es tracta d'aportar nutrients addicionals via foliar o radicular. Les plantes requereixen tant de macronutrients, conformatos per nitrogen, fòsfor i potassi, i en alguns casos també s'inclou el calci, magnesi i/o el sofre, com també micronutrients (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo i Zn). La fertilització es remunta temps endarrere quan s'utilitzaven adobs naturals procedents de restes vegetals o animals (fems) per millorar les qualitats nutricionals dels sòls. A partir del segle XIX i gràcies a l'estudi científic de les bases de la fertilització, s'obtenen i s'apliquen fertilitzants de síntesi química al costat dels adobs orgànics. No obstant, l'ús de fertilitzant també comporta alguns inconvenients, sobretot a nivell medi ambiental on l'aportació continua de fertilitzants químics o d'adobs orgànics molt solubles provoca contaminació, concretament de les aigües subterrànies. Per aquest motiu i també per motius d'estalvi econòmic per l'agricultor amb l'optimització del fertilitzant, són importants les bones pràctiques agràries en l'adobat dels cultius (Cid, s.d.).

Els adobs es classifiquen en orgànics o naturals, adobs minerals, sintètics o inorgànics i organominerals. Els adobs orgànics són aquells que provenen de derivats animals i/o vegetals. Per poder utilitzar-los per les plantes, primer s'han de mineralitzar en el sòl. Aquests adobs s'utilitzen en grans quantitats per compensar les petites porcions de nitrogen, fòsfor i potassi que contenen. D'altra banda, adobs minerals i sintètics són d'acció més directa. No es necessita tanta quantitat perquè són directament assimilables o fàcilment transformables per les plantes. Finalment, els organominerals són una barreja dels dos anteriors.

Els fertilitzants presenten variacions segons l'ús i les necessitats que estableix cada cultiu. Es diferencien en sòlids o líquids segons el seu estat físic, i aquest determina el tipus d'aplicació. L'aplicació de fertilitzant pot ser de cinc maneres diferents: fertilització superficial, localitzada, injectada, la fertirrigació i l'adobat foliar.

Del calçot, al ser un producte local, es disposa de poca informació sobre els efectes de la fertilització en aquest cultiu. Un dels pocs estudis realitzats amb calçot mostra que una dosi de 15 tones/ha de fems de vedells, cobreix les necessitats del cultiu, ja que proporciona 110 kg N/ha, un valor que es troba per sobre del mínim estimat necessari pel cultiu, 90 kg N/ha (Muñoz, 2011).

En canvi, en el cas del cultiu de la ceba, hi ha molta més informació referent a la fertilització. Les necessitats nutritives que s'han determinat per aquest cultiu són de 90 kg N/ha, 40 kg P₂O₅/ha i 120 K₂O/ha (Maroto, 2008).

L'aplicació de fertilitzants orgànics com "MicroSTART60" (gallinassa) amb una proporció 3-2-3 de N, P i K en cultius de ceba provoca un augment de la biomassa. Aquest augment es proporcional a la quantitat de fertilitzant utilitzat. L'ús de fertilitzants també disminueix la competència entre el creixement de les parts aèria i subterrània. Quan augmenta la dosi de fertilitzant, augmenten les concentracions de N, P, K i S i, en menor quantitat, de Ca i Mg de la planta. La concentració de clorofil·la també es veu afectada, augmenta proporcionalment amb l'increment de la concentració de nitrogen. Altres efectes que comporta l'augment de fertilitzants orgànics és l'augment de Cu i la disminució de N i Ca a les fulles, i l'augment de Mg i Mn i la disminució de P i Cu en el bulb (Díaz-Pérez et al., 2018). Si ens centrem en els efectes de fertilitzant orgànic 3-2-3 sobre el bulb, trobem que a mesura que augmenta la dosi de fertilitzant, augmenten el rendiment de producció i el pes del bulb. La incidència de floració de ceba també és un caràcter afectat pel fertilitzant. Amb presència de fertilitzant en baixes dosis (60 kg N/ha), la incidència en la floració és major que en altes dosis (240 kg N/ha) (Gunawan et al., 2018). El diàmetre del bulb és un paràmetre que ve determinat per la fertilització i per la distància de sembra. El fertilitzant permet que, reduint les distàncies, no disminueixi el diàmetre del bulb (Viloria et al., 2003).

El nitrogen és el nutrient que més efectes comporta sobre el cultiu de ceba. La utilització d'aquest element provoca que l'estadi de maduresa s'allargui més dies que sense la utilització de nitrogen. Aquest fet pot ser degut a que la fertilització amb nitrogen allarga el període de creixement vegetatiu de les plantes, tal com indiquen (Brewster, 2001; Sorensen i Grevsen, 2001) on informen que utilitzar massa nitrogen promou un creixement vegetatiu excessiu que retarda l'estadi de maduresa. Aplicant una dosi de 69 kg N/ha, augmenta l'altura de la planta i la llargada de les fulles entre un 10 i 11,5% respecte a no aplicar cap dosi de nitrogen. Amb una dosi de 92 kg N/ha augmenta el nombre de fulles, al voltant d'un 8% més que el control. Independentment de l'aplicació de dosis entre 0 i 138 kg N/ha, l'incrementa del diàmetre i el pes mig s'estableixen en un 12 i un 21,5% respectivament sobre el control (Abdissa et al., 2011).

El fòsfor afecta al pes i el nombre de bulbs d'un cultiu quan es troba a altes concentracions (200 kg P/ha). També incrementa, en poca mesura, el nombre de fulles per planta si es troba en concentracions d'entre 175 i 200 kg P/ha (Ramos, 1999).

El potassi aporta millores en el cultiu de ceba. Utilitzant fertilitzant amb potassi es promou el contingut d'aquest en les fulles. També millora el rendiment total i comercial de la producció de ceba (Marrocos et al., 2018).

Val a dir, que no tots els fertilitzants actuen de la mateixa manera. L'aplicació de fertilitzants orgànics redueix el creixement de la planta i el nombre de fulles. També disminueix el pes màxim i la capacitat d'absorció de les plantes en comparació amb fertilitzants químics. Però, els fertilitzants orgànics milloren els sòlids solubles totals en el bulb de els cebes recol·lectades. Els fertilitzants químics provoquen acidesa i un augment de la conductivitat elèctrica del sòl mentre que els fertilitzants orgànics augmenten la matèria orgànica i la microbiota del sòl (Lee, 2010).

1.4.2 Reg

El reg és sempre un factor a tenir en compte alhora de realitzar un cultiu. Es tracta d'aportar aigua a la terra per tal de millorar el creixement de les plantes. Consisteix en crear sistemes o infraestructures artificials per tal de conduir i repartir l'aigua. Depenent de la planta i la zona on es vol cultivar, la dosi de reg pot variar fins al punt de no ser necessari cap aportació d'aigua. Existeixen tres tipus de reg: el reg per superfície, el reg per aspersió i el reg localitzat.

En el reg per superfície, també anomenat reg a manta o reg per inundació, l'aigua es distribueix mullant tota la superfície del sòl i aquesta es va filtrant per gravetat. És una forma antiga de reg que, tot i la seva baixa eficiència, encara s'utilitza avui en dia ja que no requereix mitjans tecnològics complexos ni energia afegida, només aigua en abundància. Els terrenys que funcionen per aquest sistema necessiten estar anivellats i amb un pendent mínim que permeti que l'aigua arribi fins al final de la parcel·la. Té l'avantatge de dessalinitzar terrenys a base de successives inundacions que aconseguixen conduir les sals cap al fons, però la mateixa acció té l'inconvenient de rentar els nutrients del sòl que abasteixen les necessitats del cultiu. Una variant del reg per inundació és el reg per solcs. S'utilitza quan no convé mullar les fulles del conreu, els solcs es realitzen manual o mecànicament a certes distàncies per tal de mullar lateralment la superfície. La sembra es realitza a les parts altes on es formen crestes entre els solcs.

L'aspersió és un sistema de reg pressuritzat que es basa en l'aplicació d'aigua en forma de pluja sobre la totalitat de la superfície. L'aigua es transporta a pressió a través d'una xarxa de canonades fins a arribar als aspersors encarregats de dispersar-la. S'utilitza en casos de tenir grans superfícies perquè poden assolir distàncies d'entre 4 i 36 m de diàmetre. Són capaços de realitzar moviments rotatoris aconseguint humitejar una zona circular. Per regar mitjançant

aquest sistema es requereixen uns mitjans costosos, la instal·lació de les canonades, un sistema de bombeig o pressió a la xarxa per basses o dipòsits elevats i molta energia. Aquest sistema, permet regar sense fer solcs profunds amb crestes, facilitant la mecanització del cultiu. A més a més, en casos de molt fred permet combatre les glaçades, però, un dels inconvenients que presenta és que, l'acció de mullar les fulles, incrementa la incidència de plagues i malalties.

Per últim, el reg localitzat, consisteix en subministrar l'aigua de manera que només es mulli la part del sòl on es troba el sistema radicular de la planta. Un tipus de reg localitzat és el reg per degoteig. Consisteix en un sistema de reg pressuritzat que transporta aigua fins al peu de la planta i l'allibera gota a gota. L'aportació d'aigua s'efectua mitjançant un sistema de canonades amb baix diàmetre que poden formar xarxes extenses o bé ser distribuïdes com un sol regador de llarg recorregut. Els emissors de l'aigua són els degoters que poden estar integrats o poden ser afegits manualment punxant-los a la canonada. És un sistema que permet regar amb una alta eficiència, reduint el consum de l'aigua i mantenir un nivell d'humitat constant en el sòl. Per tal d'utilitzar bé aquesta metodologia es necessari conèixer les característiques principals dels degoters, la pressió de treball òptima i el cabal de treball.

Una variant del reg localitzat és el reg per exsudació. Es tracta d'un tub tèxtil i porós capaç d'aplicar uniformement l'aigua al sòl mitjançant petites gotes que apareixen al llarg de tot el tub. Té l'avantatge de no necessitar degoters per alliberar l'aigua i necessita una pressió d'aigua molt petita.

En el cultiu de calçots els sistemes de reg més utilitzats són el reg per degoteig i el reg per aspersió.

Actualment no s'ha fet cap estudi dels efectes que presenta el reg sobre la producció de calçots. En canvi, sí que hi ha estudis on es parla d'aquests efectes amb cultius de ceba. En molts d'ells s'afirma que el reg té una gran influència sobre el rendiment de cultiu (Khokhar, 2017; Kumar et al., 2007; Orta i Şener, 2001).

L'aigua és el principal factor limitant d'un baix rendiment de producció de ceba. Per obtenir bons resultats del cultiu, és necessari regar amb certa freqüència. Les plantes del cultiu de ceba són molt sensibles a l'estrès per falta d'aigua, sobretot durant el període de formació del bulb. L'estrès hídric pot arribar a causar trencament de les capes externes de la ceba i, durant el període de creixement, pot causar reducció de la mida i el pes dels bulbs. Quan les plantes estan sotmeses a un estrès hídric durant un període de 30 dies, presenten una reducció de l'àrea de la fulla i del creixement del bulb en un 17-26% del rendiment de la ceba. En canvi si el període d'estrès es baixa a 3 setmanes, s'alleuja la reducció de la mida i pes. Com que la ceba és un cultiu

d'arrels poc profundes, l'extracció d'aigua només succeeix en els primers 30 cm de sòl (Khokhar, 2017).

Elevades dosis d'aigua (389 - 451 mm) provoquen un major diàmetre del bulb. En canvi, la concentració de proteïnes en el bulb és més elevada quan la dosis de reg es troba al mínim (257 mm). També s'ha detectat que les pèrdues més altes durant l'emmagatzematge succeeixen quan la dosi de reg és baixa (Kumar et al., 2007). Les mides de ceba incrementen quan s'incrementa la dosis de reg (30, 50 i 70% de la fracció disponible d'esgotament de l'aigua del sòl). Sense reg disminueix el rendiment per sota del 60%. (Orta i Şener, 2001)

Relacionant el reg amb el fertilitzant, es determina que la millor producció de cebes es dona quan s'utilitza, amb la mateixa dosis de fertilitzant, la dosi de reg més alta (Alves et al., 2018).

1.5 Antecedents

La Fundació Miquel Agustí (FMA) és un equip de treball enfocat a la preservació i millora de varietats agrícoles tradicionals catalanes amb l'objectiu de promoure i recuperar aquestes en el sector agrícola i alimentari.

Dins de l'àmbit del calçot, la FMA ha realitzat diversos estudis amb l'objectiu d'entendre i millorar les característiques sensorials, del cultiu i la producció. L'any 2006, a partir d'una petició per part dels agricultors, la FMA, en col·laboració amb la IGP Calçot de Valls, van iniciar un programa de millora genètica d'aquest cultiu. Amb aquest programa volien solucionar els problemes de baix rendiment que presentaven les poblacions tradicionals de CBTL. El problema fonamental era que el nombre de calçots per ceba havia disminuït progressivament. Fruit d'aquest projecte s'ha pogut establir estratègies per dur a terme un programa de millora i els aspectes claus a tenir en compte en un cultiu de calçot. Els resultats obtinguts han estat dues varietats sintètiques que presenten millora en el rendiment però mantenint les característiques sensorials de la varietat tradicional, una varietat de producció primerenca anomenada Roquerola i una varietat de desenvolupament més tardà anomenada Montferri. Aquesta última varietat és, actualment, la més utilitzada pels agricultors sota el segell de la IGP (Simó et al., 2012)

Més endavant, es va intentar determinar la importància dels efectes genètics i ambientals sobre caràcters agronòmics, morfològics, químics i sensorials del calçots. Els resultats van mostrar que en els caràcters agronòmics tant l'efecte genètic com l'ambiental han sigut importants. En canvi, en els caràcters morfològics destacava la important influència ambiental. A nivell químic, l'efecte ambiental va ser superior al genètic. Finalment, a nivell sensorial ambdós efectes van ser rellevants (Sans, 2015).

Observant la importància de l'efecte ambiental sobre paràmetres de qualitat del cultiu de calçot, i que per estudiar aquest efecte cal controlar les condicions del cultiu, es va realitzar un estudi per establir els paràmetres de substrat més adients en un cultiu fora sòl (en contenidor). Els resultats van mostrar que, de totes les possibles combinacions de substrats i contenidors estudiades, un cultiu en contenidor de calçots presenta bons resultats si s'utilitza contenidors amb capacitat de 18 litres o més, un substrat universal i es realitza un control sanitari i de reg del cultiu. D'aquesta manera les necessitats nutritives, agronòmiques i morfològiques dels calçots queden satisfetes (Belart, 2017).

2. Objectius

Considerant que en estudis anteriors es va determinar la importància de l'efecte ambiental sobre el cultiu del calçot (Sans, 2015), l'objectiu principal d'aquest treball és determinar els efectes del reg i la fertilització sobre caràcters agronòmics i morfològics del calçot en cultiu fora sòl en un ambient controlat, i segons les condicions òptimes del cultiu en contenidors estudiades prèviament (Belart, 2017).

Per tal d'assolir aquest objectiu s'han plantejat els següents objectius específics:

- Estudiar l'efecte de diferents dosis de fertilitzant sobre caràcters agro-morfològics del cultiu del calçot.
- Estudiar l'efecte de diferents dosis de reg sobre caràcters agro-morfològics del cultiu del calçot.

3. Materials i Mètodes

3.1 Material vegetal

Com a material vegetal es van utilitzar dues varietats diferents. Per una banda, la varietat sintètica Montferri (Simó, 2013), que actualment és la més utilitzada pels productors de la IGP Calçot de Valls i per altra banda una varietat comercial híbrida, ceba “albion F1”, de l’empresa comercial de llavors “Graines Baumaux”. La varietat híbrida tenia la funció d’actuar de grup control, ja que és genèticament homogènia. Les cebes de les dues varietats van ser i cultivades en una mateixa parcel·la i amb les mateixes condicions per evitar possibles variacions dels efectes del primer any del cultiu.

3.2 Disseny experimental

Aquest estudi es va realitzar en les instal·lacions d’Agròpolis, una parcel·la situada al municipi de Viladecans (Barcelona). Per dur a terme aquest assaig es van utilitzar les instal·lacions de l’hivernacle de vidre (Figura 3) i una part de la parcel·la exterior per al control. Realitzar l’experiment dins l’hivernacle, ens va permetre tenir un major control sobre les condicions ambientals.



Figura 3 Hivernacle de vidre, Agròpolis

Per dur a terme el cultiu fora sòl es van utilitzar contenidors amb una capacitat de 18 litres, de color negre, de forma quadrada amb la base més petita que la part superior i amb forats de drenatge a la base. Els contenidors van ser numerats, etiquetats i distribuïts segons els diferents tractaments (Figura 4).



Figura 4 Fotografies dels contenidors numerats i distribuïts per blocs

Com a substrat, es va utilitzar el substrat universal J2 de Burés (Figura 5). És un substrat barrejat amb 1 g/l d'adob NPK 14:7:16 amb formaldehid i micronutrients. Els seus components principals són l'escorça de pi compostada, compost vegetal, torba de Sphagnum i perlita. A la Taula 1 es presenten les característiques físico-químiques d'aquest substrat.



Figura 5 Il·lustracions del sac amb substrat universal

Taula 1 Característiques físico-químiques del substrat universal

Paràmetre	Unitats	Valor
Matèria orgànica	% sms	47 – 65
pH		6 – 7,5
Conductivitat elèctrica	mS/m	30 – 100
Densitat aparent seca	Kg/m3	290 – 410
Granulometria	%	10 mm > 95

El cultiu es va dur a terme entre octubre del 2017 i febrer del 2018. Es va plantar de manera que les dues varietats estiguessin sotmeses a 2 dosis de reg (R1 i R2) i 3 de fertilitzant (F0, F2 i F1) en cultiu fora sòl a l'hivernacle, i a l'aire lliure, en un camp, com a control. El cultiu exterior es va desenvolupar segons les tècniques habituals ja que el camp d'experimentació quedava incorporat dins d'un camp més gran de producció de calçots.

El sistema de reg, tant al camp com a l'hivernacle va ser localitzat per degoteig. En el camp, el reg es va dur terme quan era necessari segons el criteri del tècnic de camp. En canvi, a l'hivernacle on el reg era un dels paràmetres que es controlava, aquest estava programat per regar cada 2 dies durant 3 minuts, i els cabals de sortida venien determinats pels degoters de 2 l/h i 4l/h, per tant, cada planta rebia 2,6 l/planta (R1) o 5,2 l/planta (R2).

El fertilitzant utilitzat va ser “Hakaphos verde” de Compo Expert, amb unes proporcions de 15:10:15 de NPK. També porta magnesi, sofre, bor i coure. Es tracta d'un fertilitzant en pols que es dispersa un cop dissolt en aigua. A partir dels estudis realitzats per Muñoz (2011), es va establir que l'aportació màxima de nitrogen havia de ser al voltant de 100 g N/ha i tenint en compte un marc de plantació de 0,7 m per 0,3 m. Per tant, la dosi de fertilitzant va ser de 14,18 g/planta repartit en 15 setmanes, que es va arrodonir a 1 g de fertilitzant/planta per setmana. Després de realitzar anàlisis de pH i conductivitat elèctrica amb 1g de fertilitzant en diferents concentracions d'aigua, es va determinar que la dosi idònia és 1 g fertilitzant/ 300 ml aigua, amb un pH de 5,38 i una CE de 4,77 mS/cm, perquè és la que presentava uns valors més propers als acceptats (pH < 5.5 i CE entre 2 i 3 dS/m).

Les tres dosis de fertilitzant utilitzades en l'experiment van ser: no fertilització (F0), la dosi màxima de fertilitzant (1 g de fertilitzant/planta per setmana) que en total per planta representava 2,13 g de N, 1,42 g de P i 2,13 g de K per planta (F2), i la meitat de la dosi màxima de fertilitzant (F1).

Per agilitzar l'etiquetatge de cada mostra, es va determinar un seguit de nomenclatures per cada varietat de ceba, tipus de reg i dosis de fertilitzant (Taula 2).

Taula 2 Representació de la nomenclatura assignada a cada paràmetre

PARÀMETRE	NOMENCLATURA
Varietat comercial, Montferri	X
Varietat d'híbrid, “albion F1”	H
Fertilització (0 g/planta)	F0
Fertilització (7,5 g/planta)	F1
Fertilització (15 g/planta)	F2
Reg (0,1 l/planta cada reg)	R1
Reg (0,2 l/planta cada reg)	R2

A finals de setembre es van omplir els contenidors amb 3,1 kg de substrat. A principis d'octubre es van plantar les cebes aleatòriament. A l'hivernacle es van establir un total de 12 tractaments diferents, cada un d'ells amb dos repeticions, i cada repetició en files de 25 plantes cada una. En total es van plantar 600 cebes. Cada repetició va ser designada a un tub de reg determinat. Les files es van agrupar per tractaments de fertilitzant, tal com es pot observar a l'esquema de la Figura 8. Al camp també es van plantar 2 repeticions de 25 cebes per cada varietat com a grup control (Figura 6).



Figura 6 Fotografies de les cebes plantes en els contenidors de l'hivernacle (esquerra), i de les cebes plantades al camp (dreta)



Figura 7 Fotografies de les plantes calçades. A l'esquerra es poden observar dues files de contenidors, la primers sense calçar i la segona calçada. A la dreta hi ha les plantes calçades al camp.

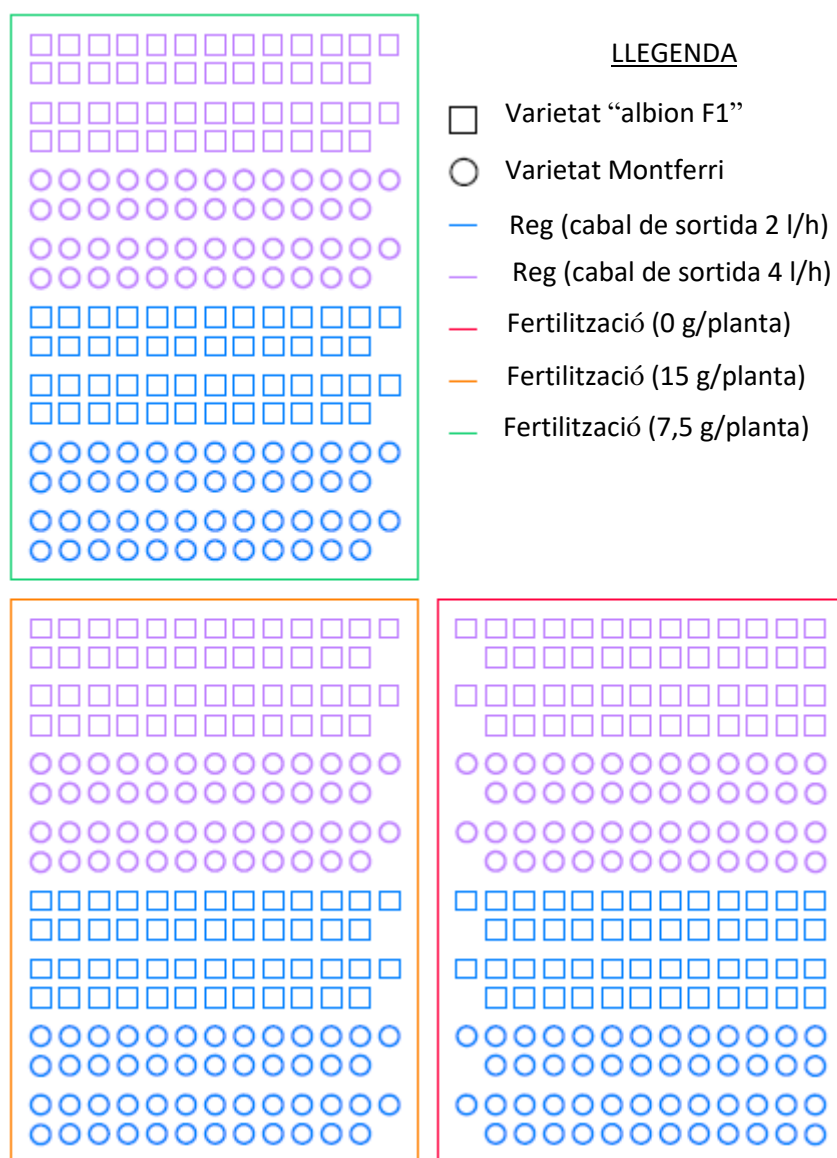


Figura 8 Disseny en planta de la distribució espacial de les varietat genètiques i les diferents dosis de reg i fertilitzant a l'hivernacle.

Durant tot el període del cultiu, es va fertilitzar setmanalment totes les plantes de forma manual. S'aplicava 300 ml de les diferents dosis de fertilitzant a les plantes que ho tenien assignat (F2 i F1) i la mateixa aportació amb aigua en els casos que no tenien tractament amb fertilitzant (F0), per evitar diferències en l'aportació d'aigua dels diferents tractaments.

Al novembre es van calçar amb 3kg de substrat els calçots, quan ja presentaven una altura remarcable, tant a l'hivernacle com al camp (Figura 7).

Finalment, es van collir i pendre mesures de les plantes i els calçots a finals de Febrer.

3.1 Caràcters avaluats

3.1.1 Caràcters per planta

- Pes inicial de les cebes (g): es va prendre mesura del pes de cada ceba plantada amb una balança de precisió 0,001 kg.
- Nombre de calçots: durant tot el període del cultiu es va portar un seguiment quinzenal del nombre de calçots de mida comercial per planta. La mida comercial es va establir en aquells calçots que presentaven un diàmetre d'entre 1,7 i 2,5 cm. Finalment, el dia de la collita es va prendre un últim recompte del nombre de calçots comercials, dels calçots totals i dels calçots passats.
- Pes de la planta (g): el dia de la collita es va separar la part aèria de la part radicular i es van pesar les dues parts per separat amb una balança de precisió 0,001 kg (Figura 9). Abans de pesar la part radicular, es va espolsar la terra per evitar que aquesta formés part del pes. En les plantes del camp, el terra argilós no permetia recollir la part radicular, per tant, només es va prendre mesura de la part aèria de les plantes.



Figura 9 Mostra de la pesa de la part radicular

- Puntes seques: es va avaluar, per cada una de les plantes, la presència o absència de puntes seques a les fulles.

3.1.2 Caràcters per calçot

Un cop mesurats els caràcters de la planta, es separaven i s'estudiaven, individualment, els caràcters dels calçots de mida comercial.

- Pes (g): es va mesurar cadascun dels calçots de cada mota amb una balança de precisió 0,001 kg.
- Longitud (cm): per una banda es mesurava la longitud de la part blanca i per l'altra la longitud des del final de la part blanca fins a la primera lígula, la mesura es va fer amb un metre.
- Diàmetre (mm): amb un peu de rei, es va mesurar, a 5 cm de l'arrel, el diàmetre més petit i el més gran de cada calçot.
- Fermesa (%): per mesurar la duresa es va utilitzar un aparell anomenat Durofel-AGROSTA®100 (Figura 10). És un aparell capaç de determinar la duresa d'un material a través d'aplicar-li una força i detectar la resistència que oposa, l'objecte, a aquest.



Figura 10 Durofel-AGROSTA®100 (Agro-Technologie) (Isern Viana, 2017).

- Color: es va mesurar amb l'ajuda d'un colorímetre (Figura 11). L'aparell era un colorímetre Konica Minolta CR-400, capaç de mesurar el color en 3 components: L* (lluminositat, amb un rang de 0 a 100), a* (posició entre el vermell i el verd, on els valors negatius indiquen verd i els positius vermell), i b* (posició entre el groc i el blau, on valors negatius indiquen blau i positius groc).



Figura 11 Imatge representativa del colorímetre usat per la mesura del color

3.1.3 Caràcters del sòl

Es va realitzar un anàlisi dels sòls, tant del substrat utilitzat pel cultiu fora sòl com del camp, a l'inici i un cop finalitzat el cultiu.

A l'inici de l'experiment es va portar a analitzar una mostra del sòl del camp i del substrat universal. I, al final del cultiu, es va tornar a prendre mostres. Una del camp i 6 dels substrats de l'hivernacle, una per cada tractament de fertilitzant i reg.

Les mostres es van etiquetar i enviar als laboratoris de "Eurofins Agroambiental, S.A." on retornaven informes individuals de cadascuna. Les mesures realitzades eren el percentatge d'humitat a 105°C, el pH, la conductivitat elèctrica (dS/ m), els percentatges de matèria orgànica i de carbonat càlcic equivalent, les fraccions de nitrogen-nítric, fòsfor, potassi, calci, magnesi i sodi en mg/kg de matèria seca, els percentatges d'arena total, llim gros, llim fi i argila; la classe textural segons USDA (Departament d'Agricultura dels Estats Units) i la capacitat d'intercanvi catiònic (meq/ 100 g s.m.s.). A part dels resultats, també han indicat el mètode d'anàlisi utilitzat i la interpretació dels resultats (Figura 12).

Anàlisi	Resultat	Unitats	Mètode d'anàlisi / PNT	Interpretació
HUMITAT 105 °C	>5,00	%	Gravimetria/C5110007	
pH (ext. 1:2,5 H ₂ O)	7,50		Potenciometria/C5110008	Mitjanament bàsic
COND.ELEC. 25°C(ext. 1:5 H ₂ O)	1,64	dS/m	Conductimetria/C5110009	Alta
MAT.ORGANICA (W&B)	>12,0	% s.m.s.	Càlcul/C5110079	Molt alt
CARBONAT CÀLCIC EQUIV. *	<3	% s.m.s.	Titulació potenciomètrica	Inapreciable
NITROGEN-NITRIC (N-NO ₃) *	11,3	mg/kg s.m.s.	Espectrofotometria UV-Vis/C5110272	Normal
FOSFOR (P) (Olsen)	133	mg/kg s.m.s.	Espectrofotometria UV-Vis/C5110080	Molt alt
POTASSI (K) (ext. acetat amònic) *	3538	mg/kg s.m.s.	Espectrometria ICP-OES	Molt alt
CALCI (Ca) (ext. acetat amònic) *	8843	mg/kg s.m.s.	Espectrometria ICP-OES	Alt
MAGNESI (Mg) (ext. ac. amònic) *	1114	mg/kg s.m.s.	Espectrometria ICP-OES	Molt alt
SODI (Na) (ext. acetat amònic) *	889	mg/kg s.m.s.	Espectrometria ICP-OES	Molt alt
ARENA TOTAL (0.05 < D < 2 mm) *	63,3	%	Gravimetria	
LLIM GROS (0.02 < D < 0.05 mm) *	14,2	%	Gravimetria	
LLIM FI (0.002 < D < 0.02 mm) *	10,1	%	Gravimetria	
ARGILA (D < 0.002 mm) *	12,4	%	Gravimetria	
CLASSE TEXTURAL USDA *				Franco-arenosa
CAP.INTERC.CAT. *	43,4	meq/100g s.m.s.	Titulació volumètrica	

Figura 12 Exemple dels resultats presentats en l'informe del substrat amb tractament F0 i R1 en l'estat final del cultiu

3.2 Anàlisis Estadístic

Ahora d'analitzar els resultats es va utilitzar el programa estadístic R (Team, 2009), utilitzant el paquet estadístic Agricolae (Mendiburu, 2010). Amb l'ajuda d'aquest programa es van processar les dades obtingudes en l'experiment per aconseguir mitjanes representatives de cada paràmetre pels diferents tractaments. Es van realitzar anàlisis de la variància (ANOVA) corresponents a un model lineal per determinar, de tots els paràmetres estudiats, quins presentaven variància significativa. Per al càlcul de la separació de mitjanes es va utilitzar el mètode de comparació múltiple de diferència mínima significativa (LSD). El qual assigna a cada grup una lletra per indicar si hi ha diferència entre les mitjanes.

Per a l'anàlisi de la variància es va utilitzar el següent model lineal ANOVA:

$$X_{ijkl} = \mu + f_i + r_j + g_k + f_i r_j + f_i g_k + r_j g_k + f_i r_j g_k + \varepsilon_{ijkl}$$

On f és l'efecte de la dosi de fertilització, r l'efecte de la dosi de reg i g l'efecte del genotip. Per al càlcul de la separació de mitjanes es va utilitzar el mètode de comparació múltiple de la mínima diferència significativa.

4. Resultats i discussió

4.1 Caràcters agronòmics de la planta

En l'anàlisi ANOVA dels caràcters agronòmics de la planta, tots han resultat significatius ($p \leq 0.05$) per al menys un dels tres factors controlats, fertilitzant, reg o genotip. En el cas del fertilitzant, aquest factor ha resultat significatiu pels caràcters del pes inicial de les cebes, el nombre de calçots de mida comercial de la setmana 4 a la setmana 8 i pel pes de la planta, tant de la part aèria com de la part radicular. Per altra banda, l'efecte genètic ha sigut significatiu per tots els caràcters excepte pel nombre de calçots de mida comercial de la setmana 12. La dosi de reg han mostrat significació pel nombre de calçots de mida comercial exceptuant la setmana 14, també ha resultat significatiu pels caràcters del nombre de calçots passats i el pes de la planta, tant per la part aèria com la part radicular. En canvi, no s'han trobat diferències significatives per aquest factor en els caràcters nombre de calçots totals per planta. Les interaccions que han resultat significatives han estat la interacció fertilitzant x reg per la setmana 2 del nombre de calçots comercials i pel pes aeri de la planta; fertilitzant x genotip pel pes inicial de les cebes, el nombre de calçots comercials entre les setmanes 2 i 6, i el pes aeri de la planta; i finalment, la interacció reg x genotip ha presentat significació durant les setmanes 10 i 12 del nombre de calçots de mida comercial i pel pes de la planta, tant per la part aèria com per la part radicular. La interacció triple dels tres factors no ha resultat significativa per cap dels caràcters estudiats de la planta (Taula 3).

Taula 3 Resultats del test ANOVA sobre els efectes significatius dels caràcters de la planta en l'hivernacle

Factors	Pes cebes	Nombre de calçots de mida comercial per setmanes							Calçots totals per planta	Calçots passats de mida per planta	Pes planta	
		2	4	6	8	10	12	14			aeri	radicular
fertilitzant	7.14E-05	1.68E-01	1.21E-02	7.85E-03	2.76E-02	2.53E-01	1.76E-01	9.38E-01	1.51E-01	8.77E-01	2.76E-07	2.59E-03
reg	2.05E-01	2.73E-03	2.39E-03	2.20E-03	9.61E-04	1.60E-03	2.70E-04	2.89E-01	6.88E-01	1.66E-04	1.58E-08	4.65E-04
genotip	5.98E-13	3.26E-03	7.11E-05	1.76E-05	4.84E-05	1.33E-02	1.23E-01	2.64E-06	2.42E-14	1.79E-08	2.02E-06	1.02E-06
Fertilitzant : reg	9.47E-01	2.97E-02	1.22E-01	1.51E-01	2.92E-01	9.09E-01	3.02E-01	9.72E-01	9.73E-01	8.82E-01	3.26E-02	9.77E-01
Fertilitzant : genotip	3.18E-05	4.74E-02	3.30E-02	3.81E-02	9.82E-02	4.28E-01	7.18E-02	9.90E-01	6.36E-02	1.33E-01	4.89E-02	1.01E-01
Reg : genotip	2.42E-01	2.61E-01	1.45E-01	5.24E-01	3.40E-01	6.80E-03	4.54E-02	2.82E-01	7.01E-01	8.28E-01	1.22E-02	8.25E-04
Fertilitzant : reg : genotip	2.72E-01	2.54E-01	1.14E-01	2.11E-01	7.31E-01	8.25E-01	4.77E-01	9.93E-01	8.54E-01	3.84E-01	8.90E-02	1.93E-01

Els valors corresponen al valor p de l'ANOVA. Les caselles ombrejades corresponen als factors o interaccions que han resultat significatius ($p \leq 0.05$).

Taula 4 Resultats de les separacions de mitjanes per caràcters agronòmics segons els diferents factors controlats (genotip, reg i fertilitzant) de l'hivernacle. Els diferents codis de la columna Factors indiquen varietat Montferri (X), varietat "albion F1" (H), cabal de sortida de 2 l/h (R1), cabal de sortida de 4 l/h (R2), dosi sense fertilitzant (F0), dosi amb 7,5 g fertilitzant/planta (F1), dosi amb 15 g fertilitzant/planta (F2).

Factors	Pes cebes (g)	Nombre de calçots de mida comercial per setmanes							Nombre total de calçots per planta	Nombre de calçots passats	Pes (g)	
		2	4	6	8	10	12	14			aeri	radicular
Genotip												
X	127.06a	0.15b	0.17b	0.17b	0.25b	0.51b	0.78a	3.66a	5.36a	0.34b	396.35a	63.11a
H	60.60b	0.27a	0.34a	0.39a	0.52a	0.70a	0.91a	1.30b	1.34b	0.94a	304.33b	33.59b
Reg												
R1	92.43a	0.15b	0.20b	0.22b	0.29b	0.47b	0.64b	2.32a	3.37a	0.52b	278.52b	40.61b
R2	95.23a	0.27a	0.31a	0.34a	0.48a	0.74a	1.05a	2.64a	3.33a	0.76a	422.16a	56.10a
Fertilitzant												
F0	86.52b	0.25a	0.32a	0.36a	0.48a	0.66a	0.82a	2.42a	3.35a	0.66a	260.81b	53.71a
F1	91.42b	0.18a	0.22b	0.25b	0.33b	0.53a	0.76a	2.47a	3.47a	0.63a	393.16a	53.38a
F2	103.56a	0.19a	0.21b	0.22b	0.34b	0.62a	0.96a	2.55a	3.22a	0.63a	397.04a	37.96b

Els valors corresponen a la mitjana pels diferents factors controlats. Per cada columna, mitjanes seguides per una mateixa lletra no són significativament diferents segons la mínima diferència significativa ($p \leq 0.05$).

A la Taula 4 es pot observar com la varietat Montferri (X) presenta pesos amb un valor mig de 127 g, més o menys el doble de grans que la varietat "albion F1" (H) amb un pes mig de 61 g. En els tractaments de fertilitzant es pot observar com les cebes plantades en el tractament amb més fertilitzant (F2), eren més grans que les cebes dels altres tractaments. Segons el reg no s'aprecia diferències. Els resultats per tractaments (Taula 5) mostren que el pes de la varietat Montferri es manté estable, però què la varietat "albion F1" presenta variacions. Els pesos més alts els mostra en els tractaments amb més fertilitzant (F2), després amb els tractaments de mitja dosi de fertilitzant (F1), i finalment els més petits es troben segons els tractament sense fertilització (F0). Segons el reg, no es mostra diferència per tractaments.

La varietat Montferri ha presentat una mitjana de 5 calçots totals per planta. Un valor superior a la mitjana de la varietat "albion F1", 1 calçot. Per tant, es comprova que el nombre de calçots totals per planta és un paràmetre que depèn únicament de l'efecte genètic, tal i com s'ha vist en estudis previs (Sans, 2015; Simó, 2013). Els dos factors ambientals controlats no proporcionen diferències entre les mitjanes (Taula 4). Els resultats mitjos per les dues varietats plantades al camp també mostren un nombre de calçots per planta superiors per la varietat Montferri, però en aquest cas, la mitjana arriba fins a 6 (Taula 5).

El nombre de calçots de mida comercial, a l'inici del recompte (setmana 2), presenta valors més alts amb la varietat d'híbrid i amb el reg de dosi més alta. Però no mostra diferències segons els tractaments de fertilitzant. De la setmana 4 a la setmana 8, els valors més alts per la varietat i el reg es manté igual, però apareix diferència segons els tractaments de fertilització, donant valors més grans els tractaments sense fertilització. A la setmana 12, només hi ha diferència entre les mitjanes per l'efecte del reg amb valors més elevats per la dosis alta. És interessant remarcar que els factors que ja no presenten diferències són degut a que els valors mitjans que abans eren baixos, han incrementat fins a presentar valors semblants als altres. La última setmana (setmana 14), els resultats mostren com el nombre de calçots comercials presenta diferència segons el genotip, la varietat Montferri conté de mitja un nombre de calçots comercials més elevat que la varietat "albion F1" (Taula 4).

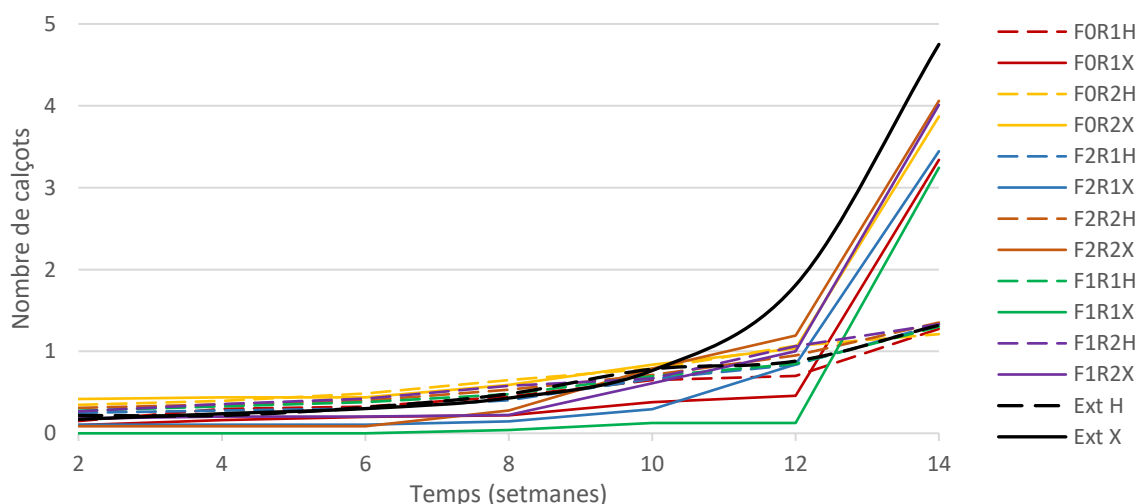


Figura 13 Evolució del nombre de calçots segons cada paràmetre. Resultats extrets de la Taula 5 i de les mitjanes exteriors.

A la Figura 13 es pot observar l'evolució de la producció del nombre de calçots de mida comercial segons els diferents tractaments de l'hivernacle i també el recompte fet en les dues varietats plantades al camp. Es pot observar com la varietat Montferri és, en tots els casos, la que produeix més calçots de mida comercial que la varietat "albion F1".

Segurament el creixement de calçots fins a mida comercial, es veu afavorit per la varietat "albion F1", que conté un nombre més baix de calçots per planta, que per la varietat Montferri. I per aquest motiu, la varietat Montferri tarda més temps en desenvolupar calçots fins a mida comercial. També, el fet de rebre més aigua a la planta, sembla afavorir el creixement dels calçots. Tal i com es mencionava en els articles de (Alves et al., 2018; Khokhar, 2017; Kumar et al., 2007; Orta i Şener, 2001).

Els valors més alts obtinguts en el nombre de calçots passats (calçots que superen el diàmetre comercial establert) per planta, han estat en la varietat "albion F1" i en les dosis de reg més

elevades (R2). Aquest caràcter no presenta diferències segons els diferents tractaments de fertilització (Taula 4).

Una explicació de perquè la varietat “albion F1” presenta més calçots passats seria que al tenir un nombre de calçots més reduït li ha permès a la planta que aquests creixin amb menys temps que els calçots de la varietat Montferri. El fet d'utilitzar quantitats més grans d'aigua ha pogut afavorir que els calçots creixin més que el fet de regar amb dosis més baixes.

Pel que fa al pes de la planta presenta valors més elevats per la varietat Montferri que per la varietat “albion F1”. Tant per la part aèria com la part radicular. També presenta en ambdós casos, pesos més grans segons la dosis més alta de reg. Però les mitjanes del fertilitzant difereixen segons la part aèria i la part radicular (Taula 4).

Observant les mitjanes del pes aeri per la fertilització, es pot determinar que els tractaments amb fertilitzants (F2, F1) tenen pesos més grans que els tractaments sense fertilitzant (F0). Tal i com es determinava en l'estudi de (Díaz-Pérez et al., 2018). Però en comparació amb la part aèria, la part radicular presenta pesos més grans quan no s'aplica fertilitzant o quan l'aportació és baixa (Taula 4). En el cas de les plantes cultivades al camp, també es presenta valors més alts per la varietat Montferri en comparació amb la varietat “albion F1” per la part aèria (Taula 5).

Una explicació dels resultats seria que la part aèria i la part radicular competeixen pel desenvolupament. Alhora d'aportar nutrients via fertilitzant, es promouria el creixement de la part aèria per sobre de la part radicular, en canvi, sense aportació de fertilitzant, es veuria afavorit el desenvolupament de la part radicular. Una altra explicació seria que el fet de no disposar de nutrients a prop de l'arrel en els tractaments sense fertilització, la planta desenvolupa una part radicular més llarga per arribar a una major captació dels nutrients del sòl. Tot així, les dues parts tenen en comú que, per créixer, necessiten grans aportacions d'aigua.

En les dues parts de la planta, els pesos han estat més alts per la varietat Montferri. Aquest efecte segurament és degut a que aquesta varietat presenta un nombre més elevat de calçots que la varietat d'híbrid.

Taula 5 Resultats de separació de mitjanes de cada caràcter per tractaments. Els diferents codis de la columna Factors indiquen varietat Montferri (X), varietat “albion F1” (H), cabal de sortida de 2 l/h (R1), cabal de sortida de 4 l/h (R2), dosi sense fertilitzant (F0), dosi amb 7,5 g fertilitzant/planta (F1), dosi amb 15 g fertilitzant/planta (F2).

Tractaments	Pes cebes	Nombre de calçots de mida comercial per setmanes							Nombre total de calçots per planta	Nombre de calçots passats	Pes		Puntes seques
		2	4	6	8	10	12	14			aeri	Radicular	
Ext H	50.78cd	0.22bcdef	0.22cde	0.32ab	0.48abc	0.78a	0.88bc	1.32c	1.32d	0.85bc	189.17gh		13bcd
Ext X	120.82a	0.17cdefg	0.24bcde	0.30ab	0.43abcd	0.77a	1.81a	4.75a	6.40a	1.21a	511.51b		17ab
FOR1H	42.56d	0.15cdefg	0.30abcd	0.33ab	0.45abcd	0.65ab	0.70cd	1.28c	1.33d	0.78c	146.25h	36.55de	10cde
FOR1X	126.80a	0.10efg	0.16def	0.20bc	0.22def	0.38bcd	0.46de	3.34ab	5.42bc	0.32def	216.80g	54.54bc	16.5ab
FOR2H	47.34cd	0.35ab	0.39ab	0.49a	0.65a	0.79a	1.07bc	1.21c	1.23d	1.09ab	308.33ef	33.88e	9.5de
FOR2X	129.36a	0.42a	0.44a	0.44a	0.59ab	0.84a	1.04bc	3.87ab	5.41bc	0.44de	371.86cd	89.88a	19a
F1R1H	58.44c	0.28abcd	0.33abc	0.38ab	0.48abc	0.70ab	0.85bcd	1.30c	1.33d	0.87bc	326.67de	38.69cde	2g
F1R1X	121.64a	0.00g	0.00f	0.00d	0.04f	0.12d	0.12e	3.24b	5.68b	0.12f	361.67cde	52.54bcd	14bc
F1R2H	53.79cd	0.27abcde	0.36abc	0.42a	0.58ab	0.67ab	1.07bc	1.33c	1.36d	1.13a	385.36c	35.44de	2g
F1R2X	131.80a	0.18bcdef	0.20cde	0.20bc	0.23def	0.61abc	1.00bc	4.01ab	5.53bc	0.41de	498.96b	86.84a	3.5fg
F2R1H	80.46b	0.25abcdef	0.28abcd	0.30ab	0.40bcd	0.67ab	0.84bcd	1.33c	1.36d	0.79c	272.50f	23.91e	9.5de
F2R1X	124.68a	0.11defg	0.11ef	0.11cd	0.15ef	0.29cd	0.84bcd	3.44ab	5.09c	0.23ef	347.23cde	37.40cde	13bcd
F2R2H	81.01b	0.31abc	0.35abc	0.40a	0.53ab	0.71a	0.95bc	1.35c	1.42d	0.97abc	386.86c	33.07e	2.5g
F2R2X	128.10a	0.09fg	0.09eg	0.09cd	0.28cde	0.79a	1.19b	4.06ab	5.02c	0.53d	581.57a	57.46b	7.5ef
Sig. ANOVA	***	**	**	**	**	**	***	***	***	***	***	***	***

Els valors corresponen a la mitjana per tractament. Per cada columna, mitjanes seguides per una mateixa lletra no són significativament diferents segons la mínima diferència significativa ($p \leq 0.05$).

Sig. ANOVA: nivell de la significació de l'ANOVA on “***” $p < 0.001$, “**” $p < 0.01$, “*” $p < 0.05$.

La presència de puntes seques ha donat valors mitjos molt més alts en tots els tractaments, tant a l'hivernacle com al camp exterior, amb la varietat Montferri en comparació amb la varietat "albion F1". Dins de les mitjanes de la varietat Montferri, es pot observar que comparant les dues dosis de reg, els valors varien. Amb tractaments sense fertilització, la dosis de reg amb més aigua té valors més alts que la dosis de reg baixa, però amb tractaments amb fertilització passa el contrari, utilitzant la dosis baixa de reg s'obté més plantes amb puntes seques que utilitzant dosis més altes. Comparant la presència de puntes seques entre el cultiu fora sòl cultivat a l'hivernacle i el cultiu al camp es troba que, a l'hivernacle i en condicions controlades, l'aparició de puntes és major que en el camp (Taula 5). Aquest efecte pot ser un indicador de falta d'aigua o nutrients. En el cas de la varietat Montferri presenta més puntes seques perquè té un nombre de calçots més elevat, per tant, necessita més aigua i nutrients que la varietat d'híbrid.

4.2 Caràcters morfològics del calçot

Amb els resultats de l'ANOVA dels caràcters morfològics estudiats s'observa que el factor fertilitzant ha resultat significatiu pels caràcters del pes dels calçots i pels tres paràmetres del color, lluminositat, rang de vermell a verd (a) i rang de groc a blau (b). D'altra banda el genotip, presenta significació per tots els caràcters a excepció de la longitud fins la primera lígula. El reg ha estat significatiu per la longitud de la part blanca del calçot, el diàmetre gran, la fermesa i el color pel rang de groc a blau (b). Les interaccions amb significació han estat la interacció fertilitzant x reg pel pes dels calçots i la fermesa, fertilitzant x genotip, reg x genotip i la triple interacció de fertilitzant x reg x genotip pel caràcter de la fermesa (Taula 6).

Taula 6 Resultats del test ANOVA sobre els efectes significatius dels caràcters dels calçots de l'hivernacle.

Factors	Pes	Longitud		Diàmetre		fermesa	Color de les fulles		
		Fins lígula	blanca	Gran	Petit		L	a	b
fertilitzant	7.25E-06	2.15E-01	8.74E-02	8.59E-01	8.63E-01	5.25E-02	3.16E-08	5.52E-08	7.75E-08
reg	5.00E-02	2.11E-01	3.77E-04	3.46E-02	5.97E-01	3.40E-02	8.38E-01	1.35E-02	8.61E-03
genotip	7.89E-06	7.35E-01	1.83E-07	2.72E-03	3.99E-04	7.18E-03	1.38E-03	7.82E-05	1.82E-04
Fertilitzant : reg	3.53E-02	7.48E-01	5.32E-02	1.49E-01	1.22E-01	1.18E-02	4.10E-01	5.94E-01	6.65E-01
Fertilitzant : genotip	3.55E-01	4.25E-01	7.36E-01	6.48E-01	8.19E-01	5.53E-04	4.22E-01	5.71E-01	2.89E-01
Reg : genotip	8.15E-01	3.55E-01	4.77E-01	6.10E-01	5.55E-01	1.69E-03	8.31E-02	1.99E-01	2.58E-01
Fertilitzant : reg : genotip	8.22E-01	2.85E-01	9.08E-02	6.78E-01	1.56E-01	4.61E-02	2.23E-01	3.46E-01	2.50E-01

Els valors corresponen al valor p de l'ANOVA. Les caselles ombrejades corresponen als factors o interaccions que han resultat significatius ($p \leq 0.05$).

Taula 7 Separació de mitjanes dels caràcters de calçot segons els diferents factors controlats (genotip, reg i fertilitzant) de l'hivernacle. Els diferents codis de la columna Factors indiquen varietat Montferri (X), varietat "albion F1" (H), cabal de sortida de 2 l/h (R1), cabal de sortida de 4 l/h (R2), dosi sense fertilitzant (F0), dosi amb 7,5 g fertilitzant/planta (F1), dosi amb 15 g fertilitzant/planta (F2).

Factors	Pes (g)	Longitud (cm)		Diàmetre (mm)		fermesa	Color de les fulles		
		Fins lígula	blanca	Gran	Petit		L	a	b
Genotip									
X	88.31b	19.13a	10.41a	21.26b	19.68b	83.94b	42.65a	14.59a	19.90a
H	125.97a	18.35a	8.22b	22.21a	20.96a	85.85a	39.62b	12.24b	14.74b
Reg									
R1	100.25a	17.10a	8.93b	21.42b	20.22a	84.15b	41.43a	13.16b	16.59b
R2	112.94a	20.55a	9.83a	22.03a	20.36a	85.62a	40.96a	13.80a	18.35a
Fertilitzant									
F0	75.02b	16.16a	9.62a	21.79a	20.23a	83.88a	47.98a	17.09a	25.83a
F1	119.34a	21.71a	9.43a	21.74a	20.38a	84.71a	38.49b	12.27b	14.61b
F2	120.69a	18.06a	9.06a	21.62a	20.25a	85.85a	37.99b	11.50b	12.90b

Els valors corresponen a la mitjana pels diferents factors controlats. Per cada columna, mitjanes seguides per una mateixa lletra no són significativament diferents segons la mínima diferència significativa ($p \leq 0.05$).

El pes dels calçots ha presentat valors més alts en la varietat "albion F1" en comparació amb la varietat Montferri. Segons els tractaments de fertilitzant, els pesos més alts s'han donat en aquells tractaments on hi ha hagut aportació de fertilitzant. En el cas del reg, no s'ha trobat diferències entre les mitjanes (Taula 7). En el cas del pes dels calçots plantats al camp no s'ha trobat diferència entre les dues varietats (Taula 8).

La longitud del calçot no presenta diferències entre mitjanes en les longituds fins lígula. La longitud de la part blanca presenta calçots més llarg amb la varietat "albion F1". També presenta calçots més llargs en dosis de reg altes que en dosis de reg baixes. Per la fertilització, la longitud del calçot no ha tingut diferències entre mitjanes (Taula 7). Entre les dues varietat plantades al camp, la que presenta uns valors més llargs de la part blanca és la varietat Montferri (Taula 8).

Sembla tenir més pes el factor genètic que el factor ambiental, ja que tot i disminuir el reg, la varietat Montferri continua presentant unes llargades superior a la varietat d'híbrid.

Les longituds de les parts blanques dels calçots cultivats al camp, han estat inferiors que les longituds dels calçots cultivats en hivernacle (Taula 8). Segurament aquesta diferència entre les parts blanques es deguda ha que han tingut un diferent calçat. La longitud de la part blanca ve determinada per efectes ambientals, el calçat té molta influència sobre aquest caràcter (Sans, 2015).

El diàmetre dels calçots, amb el gruix màxim i mínim, tenen valors més grans per la varietat “albion F1”. També, per part del reg, es mostren valors més elevats amb la dosi més alta de reg (R2). Però, no es troben diferències entre els diferents tractaments de fertilitzant (Taula 7). En les condicions exteriors de camp, les dues varietats no han presentat diferències en les mitjanes dels diàmetres (Taula 8).

La fermesa presenta valors més alts en la varietat “albion F1” comparat amb la varietat Montferri. Segons les dosis de reg, també comporta valors més alts amb la dosi alta de reg per sobre de la dosi baixa (Taula 7). Comparant la fermesa entre els calçots de l'hivernacle i els calçots plantats al camp, no es determina diferències entre les mitjanes (Taula 8).

El color presenta una lluminositat més alta per les fulles amb la varietat Montferri i, segons els tractaments de fertilització, amb aquells que no aporten fertilitzant al sòl. El reg no presenta diferències en les mitjanes de la lluminositat. Les tonalitats més verdes de les fulles han estat les de la varietat “albion F1”. Segons el reg les dosis més baixes han donat tonalitats més verdoses, també la presència de fertilitzants han determinat tonalitats més verdes a les fulles (Taula 7). En les varietats cultivades al camp, no es detecta diferència entre la lluminositat. Però sí entre el color. Presenten unes tonalitats més verdoses les fulles de la varietat “albion F1” (Taula 8).

Segurament el fet de tenir menys calçots afecta a la coloració de les fulles. Però també, deu ser un efecte de l'aportació de fertilitzant. A les figures 14 i 15 es pot observar visualment com la coloració de les fulles és més verd fosc en els tractaments amb fertilitzant i més verd pàlid en les fulles dels tractaments sense fertilitzant.



Figura 14 Fotografia de les plantes amb tractaments amb fertilització

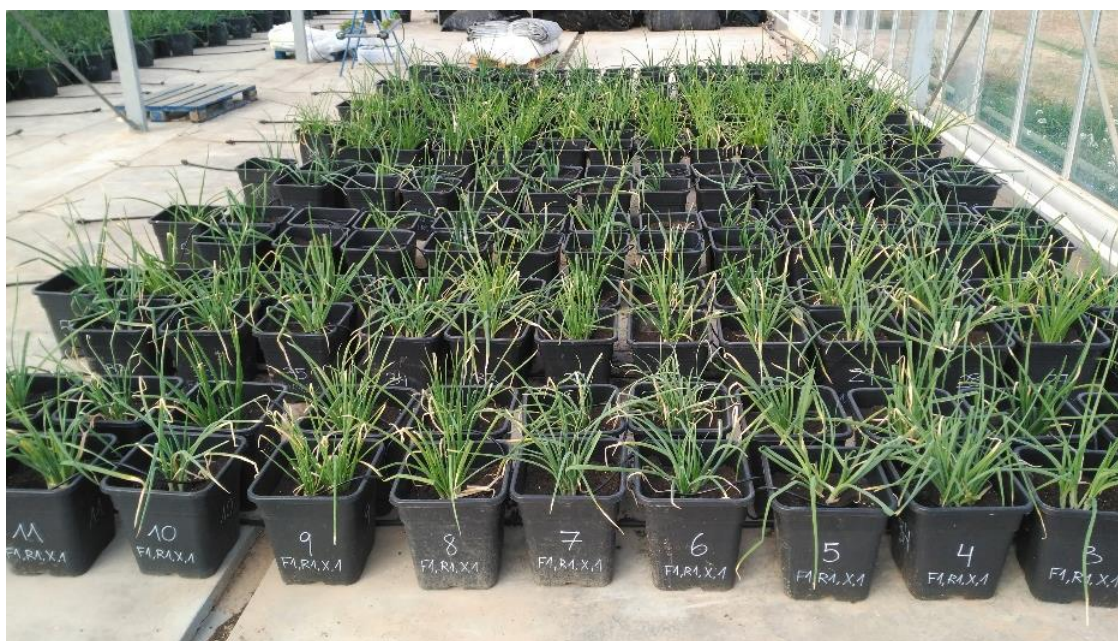


Figura 15 Fotografia de les plantes amb tractaments sense fertilització

Taula 8 Separació de mitjanes dels caràcters del calçot per tractaments. Els diferents codis de la columna Factors indiquen varietat Montferri (X), varietat “albion F1” (H), cabal de sortida de 2 l/h (R1), cabal de sortida de 4 l/h (R2), dosi sense fertilitzant (F0), dosi amb 7,5 g fertilitzant/planta (F1), dosi amb 15 g fertilitzant/planta (F2).

Tractaments	Pes (g)	Longitud (cm)		Diàmetre (mm)		Fermesa	Color		
		Fins lígula	blanca	Gran	Petit		L	a	b
Ext H	78.82efgh	12.06b	5.77h	21.49bcd	19.91cde	84.60bcd	35.77g	9.85g	11.87fgh
Ext X	74.99fgh	14.99b	7.72fg	21.44bcd	19.79cde	83.75cd	37.58defg	11.89ef	14.84def
F0R1H	89.33efg	15.29b	8.46def	22.17abc	20.66abcd	84.68bcd	47.33b	15.86b	22.92b
F0R1X	60.62h	16.04b	10.36ab	21.26bcd	19.74cde	82.68cd	48.87ab	17.60a	26.96a
F0R2H	90.33efg	14.00b	8.00efg	21.97abc	21.21abc	89.17a	43.25c	15.04bc	20.39bc
F0R2X	67.46gh	18.23b	10.84a	21.83abc	19.79cde	81.64de	50.10a	18.83a	30.33a
F1R1H	141.38ab	16.69b	7.69fg	22.29ab	21.85a	79.18e	36.79efg	10.58fg	10.85gh
F1R1X	98.91de	21.13ab	10.33ab	20.97cd	19.44de	85.96abc	39.11de	12.65de	15.22def
F1R2H	140.83ab	30.13a	9.21cd	22.27ab	20.43bcde	87.67ab	37.94defg	12.09ef	14.58defg
F1R2X	96.23def	18.89ab	10.50a	21.44bcd	19.81cde	86.02abc	40.13cd	13.77cd	17.78cd
F2R1H	120.85bc	14.45b	7.18g	21.42bcd	20.30bcde	88.22a	37.90defg	10.60fg	10.57h
F2R1X	90.44ef	19.00ab	9.54bc	20.39d	19.33e	84.18acd	38.58def	11.67ef	13.00efgh
F2R2H	155.30a	17.35b	8.68cde	23.01a	21.42ab	87.83ab	36.35fg	10.68fg	11.93fgh
F2R2X	116.18cd	21.45ab	10.87a	21.65bcd	19.94cde	83.19cd	39.13de	13.03de	16.10cde
Sig. ANOVA	***		***		*	**	***	***	***

Els valors corresponen a la mitjana per tractament. Per cada columna, mitjanes seguides per una mateixa lletra no són significativament diferents segons la mínima diferència significativa ($p \leq 0.05$).

Sig. ANOVA: nivell de la significació de l'ANOVA on “***” $p < 0.001$, “**” $p < 0.01$, “*” $p < 0.05$.

4.3 Caràcters del sòl

La diferència principal de les mostres del sòl analitzades són les concentracions nutritives entre el sòl del camp i el substrat universal. Al sòl, les concentracions de nitrogen, fòsfor, potassi, magnesi, calci i sodi són molt inferiors a les del substrat.

Els resultats del substrat universal a l'inici i al final de cada tractament mostra clares diferències en comparació amb les diferències del camp. En el camp, les característiques inicials i finals del sòl semblen variar molt poc. L'únic paràmetre que presenta un canvi rellevant és la humitat, que disminueix (Taula 9).

Observant els resultats segons les diferents dosis de fertilitzant es pot determinar que en els casos on no s'aplica fertilitzant (F0) la concentració de nitrogen disminueix bruscament. En canvi, amb la dosis alta de fertilitzant (F2) les concentracions són molt superiors a les inicials.

Segurament, la dosi més alta de fertilitzant (F2), en aquest cas, és excessiva ja que el cultiu no absorbeix tanta quantitat de nutrients. Els casos d'una dosi de fertilització mitjana (F1) s'acosta més als valors inicials del substrat, i per tant, aquesta dosi s'adapta millor a les necessitats del cultiu.

Amb els resultats respecte del reg, es pot observar clarament diferències entre el reg alt (R2) i el reg baix (R1). És possible que el reg R2 aconsegueixi que les plantes absorbeixin molts més nutrients que el R1. També hi ha la possibilitat que posant quantitats altes d'aigua s'estigui fent un rentat i per tant s'estigui perdent més nutrients. Però si es té en compte que la planta ha presentat valors de pes més grans amb més reg, aquesta hipòtesis no sembla tant encertada.

Taula 9 Resultats de l'anàlisi del sòl del substrat universal a l'inici i al final del sòl del camp de cada un dels diferents tractaments

Anàlisi	Unitats	Exterior		Hivernacle						
		Inicial	Final	Inicial	F0R1	F2R1	F1R1	F0R2	F2R2	F1R2
HUMITAT 105 °C	%	7.79	1.35	5.87	13.22	8.64	8.21	17.74	9.17	7.21
pH (ext. 1:2.5 H2O)		8.62	8.57	7.03	7.5	6.87	7.18	7.65	7.03	7.21
COND.ELEC. 25°C (ext. 1:5 H2O)	dS/m	0.195	0.214	2.31	1.64	2.59	1.93	1.16	2.36	1.82
MAT.ORGANICA (W&B)	% s.m.s.	0.78	0.84	33.97	31.7	28.9	33.4	34.6	28.2	31.4
CARBONAT CàLCIC EQUIV.*	% s.m.s.	29	24	5	3	3	3	3	3	3
NITROGEN-NITRIC (N-NO3)*	mg/kg s.m.s.	20	17.2	169	11.3	551	205	3.6	206.2	85.6
FOSFOR (P) (Olsen)	mg/kg s.m.s.	21	28	171	133	227	196	125	197	175
POTASSI (K) (ext. Acetat amònic)*	mg/kg s.m.s.	383	485	3945	3538	4033	3618	3436	3729	3704
CALCI (Ca) (ext. Acetat amònic)*	mg/kg s.m.s.	7042	7683	9466	8843	9688	9279	9665	9306	9896
MAGNESI (Mg) (ext. Acetat amònic)*	mg/kg s.m.s.	306	308	1188	1114	1249	1202	1195	1215	1282
SODI (Na) (ext. Acetat amònic)*	mg/kg s.m.s.	65	68	917	889	907	859	812	872	891
ARENA TOTAL (0,05<D<2mm)*	%	31.3	28.8	59.3	63.3	54.9	69.8	68.8	69.2	58.5
LLIM GROS (0,02<D<0,05mm)*	%	20.2	16.8	13.2	14.2	10.9	9.7	9.3	8.3	11.9
LLIM FI (0,002<D<0,02mm)*	%	25	32	15.5	10.1	10.9	10.7	11.9	13	16
ARGILA (D<0,002mm)*	%	23.5	22.4	12	12.4	23.3	9.8	10	9.5	13.6
CAP.INTERC.CAT.*	meq/100g s.m.s.	9.4	10.1	46.8	43.4	47.5	42.8	43.4	44.2	43

5. Conclusions

Els resultats d'aquest treball han permès determinar els efectes de reg i fertilització del cultiu de calçot fora sòl. En general podem assumir que de tots els tractaments, el que conté les dosis de reg amb un cabal de sortida de 4 l/h i fertilitzant amb 15 g/planta promouen una major producció i un millor rendiment del cultiu de calçot amb la varietat Montferri. Segons els resultats de l'anàlisi dels sòls, es pot concloure que la dosis de fertilitzant més alta (15 g/planta) supera les necessitats de la planta i la dosi de 7,5 g/planta de fertilitzant ja abasteix aquestes necessitats.

Els resultats obtinguts de les 3 dosis de fertilitzant mostren que la fertilització presenta efectes sobre la planta, però no sobre els caràcters destinats al rendiment (nombre de calçots comercials).

- El fertilitzant afecta al pes de la planta, però de diferent manera segons la part aèria o la part radicular. Les dues dosis amb fertilitzant promouen el pes de la part aèria, mentre que la manca de fertilitzant afavoreix el creixement de la part radicular.
- Els caràcters relacionats amb el nombre i la mida de calçots no mostren efectes segons les diferents dosis de fertilitzant.
- El fertilitzant afecta al color de les fulles, les dues dosis amb fertilitzant promouen unes fulles amb tonalitats d'un verd fosc i amb menys lluminositat.

Els resultats obtinguts de les dues dosis de reg mostren que, el reg afecta directament el rendiment. La dosis amb un cabal de sortida de 4 l/h provoca un millor rendiment.

- El reg amb la dosis alta promou el creixement de la planta. En aquest cas, les dues parts, la part aèria i la part radicular, creixent amb més quantitat d'aigua.
- La dosis alta d'aigua facilita el creixement dels calçots. La longitud de la part blanca, el diàmetre i la fermesa són caràcters del calçot que augmenten amb aquesta dosi de reg.
- El color de les fulles presenta tonalitats més verd fosc en la dosis alta de reg.

6. Bibliografia

- Abdissa, Y., Tekalign, T., Pant, L.M., 2011. Growth , bulb yield and quality of onion (*Allium cepa* L .) as influenced by nitrogen and phosphorus fertilization on vertisol I . growth attributes , biomass production and bulb yield. African J. Agricultural Res. 6, 3252-3258.
<https://doi.org/10.5897/AJAR10.1024>
- Alves, G., Mello, B. De, Carvalho, D.F. De, Medici, L.O., Silva, C., Gomes, D.P., Pinto, M.F., 2018. Acta Scientiarum Organic cultivation of onion under castor cake fertilization and irrigation depths 1-8. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.34993>
- Belart, A., 2017. Producció de calçots en cultiu en contenidor i determinació de les seves característiques agromorfològiques.
- Brewster, J., 2001. Las cebollas y otros alliums. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Casañas, F., Casals, J., Simó, J., Sans, S., Muñoz, P., Banús, S., Rull, A., Romero del Castillo, R., 2015. Varietats vegetals tradicionals catalanes (II): Els calçots. Dossier Tècnic nº 75. Dep. d'Agricultura, Ramad. Pesca, Aliment. i Medi Nat. Barcelona.
- Cid, S., s.d. Els nutrients al compost [WWW Document]. compostadores.com. URL <http://www.compostadores.com/cat/descobreix-el-compostatge/la-collita-el-compost-cassola/215-els-nutrients-al-compost.html> (accedit 7.31.18).
- Díaz-Pérez, J.C., Bautista, J., Gunawan, G., Bateman, A., Riner, C.M., 2018. Sweet Onion (*Allium cepa* L.) as Influenced by Organic Fertilization Rate: 1. Plant Growth, and Leaf and Bulb Mineral Composition. HortScience 53, 451-458. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12791-17>
- Faostat, 2018. Faostat [WWW Document]. URL <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (accedit 6.12.18).
- Gunawan, G., D, J.C., Bateman, A., Riner, C.M., 2018. Sweet Onion (*Allium cepa* L .) as Influenced by Organic Fertilization Rate : 2 . Bulb Yield and Quality before and after Storage 53, 459-464. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12360-17>
- Hanelt, P., 1990. Taxonomy, evolution, and history.
- Isern Viana, H., 2017. Efecte de la dosi de reg sobre l'evolució de la composició química durant 6 mesos de postcollita en varietats tradicionals de tomàquet europees de llarga vida (

- Penjar , Da Serbo , Ramallet). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Khokhar, K.M., 2017. Environmental and genotypic effects on bulb development in onion—a review. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 92, 448-454.
<https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1314199>
- Kumar, S., Imtiyaz, M., Kumar, A., Singh, R., 2007. Response of onion (*Allium cepa* L.) to different levels of irrigation water. Agric. Water Manag. 89, 161-166.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.01.003>
- Lee, J., 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. Sci. Hortic. (Amsterdam). 124, 299-305. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2010.01.004>
- Maroto, J.V., 2008. Elementos de horticultura general: especialmente aplicada al cultivo de plantas de consistencia herbácea, 3a. ed. rev. y ampl. Mundi-Prensa.
- Maroto, J.V., Baixauli, C., 2016. Cultivos hortícolas al aire libre. Cajamar Caja Rural.
- Marrocos, S.T., Grangeiro, L.C., de Sousa, V.F.L., Ribeiro, R.M.P., Cordeiro, C.J., 2018. Potassium fertilization for optimization of onion production . Rev. Caatinga 31, 379-384.
- Mendiburu, F. de, 2010. Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research 680.
<https://doi.org/10.2307/2411227>>.
- Mercabarna, 2018. Estadístiques de productes | Serveis | Mercabarna [WWW Document]. URL <https://www.mercabarna.es/serveis/estadistiques-productes/#resultats> (accedit 7.7.18).
- Muñoz, P., 2011. Fertilització de calçot en producció ecològica. Fitxa tècnica 60, 1-3.
- Orta, A.H., Şener, M., 2001. A Study on Irrigation Scheduling of Onion (*Allium cepa* L.) in Turkey. J. Biol. Sci. 1, 735-736. <https://doi.org/10.3923/jbs.2001.735.736>
- Ramos, G., 1999. Determinación de funciones de producción y comportamiento del cultivo de la cebolla bajo diferentes láminas de riego y dosis de fertilización fosforada en San Juan de Lagunillas, Mérida, Venezuela, Revista de la Facultad de Agronomía.
- Sans, S., 2015. Determinación del efecto genético y ambiental sobre caracteres agronómicos, morfológicos, químicos y sensoriales del “calçot” (*Allium cepa* L.). Universitat Politècnica de València.
- Simó, J., 2013. Millora Genètica del Calçot (*Allium cepa* L.): Desenvolupament d'eines de

selecció i aplicació a l'obtenció de nous cultivars. Dep. d'Enginyeria Agralimentària i Biotecnol. Universitat Politècnica de Catalunya.

Simó, J., del Castillo, R.R., Almirall, A., Casañas, F., 2012. Roquerola' and 'Montferri', first improved onion (*Allium cepa* L.) cultivars for 'calçots' production. HortScience. American Society for Horticultural Science.

Sorensen, J.N., Grevsen, K., 2001. Sprouting in bulb onions (*Allium cepa* L.) as influenced by nitrogen and water stress. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 76, 501-506.
<https://doi.org/10.1080/14620316.2001.11511400>

Team, 2009. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74686-7>

Viloria, A., Arteaga, L., Diaz, L., Delgado, D., 2003. Efecto de fertilización con N-P-K y la distancia de siembra sobre el rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.). Bioagro 15, 129-133.